

II Concurso de  
Divulgación  
Científica:

## se conocieron el biólogo y el físico: Gato de Schrödinger

### Capítulo I: Ánimo

Uno de los temas preferidos en el mundo de la física es la famosa paradoja/experimento mental del Gato de Schrödinger. Ella nos acerca la existencia de universos paralelos y de computadores cuánticos a causa de la superposición. Pero no desesperéis, ya llegaremos a explicar todos esos términos extraños más adelante. Pero ahora vayamos a la historia; transcurre el siglo XX y el físico austríaco Erwin Schrödinger desarrolla su famosa ecuación. Para entenderla, debemos saber que todas las cosas materiales están compuestas por partículas, y éstas por átomos. Ellos, a su vez, constan, principalmente, de un centro, llamado **núcleo**, que tiene otras partículas llamadas **protones**, de carga positiva<sup>1</sup> y **neutrones**, de carga neutra, que es una mezcla entre las dos<sup>2</sup>. Girando alrededor suyo tenemos a los **electrones**, con carga negativa, parecido a como los planetas lo hacen alrededor del Sol. Pero según el Principio de Heisenberg (detallado en el *Capítulo III*), no se pueden conocer con exactitud algunas propiedades variables del electrón. La Ecuación de Schrödinger da un 90% de acierto a saberlo, pero también, junto a otras Teorías y Principios de una rama de la física llamada *Cuántica* depara problemas muy grandes, que este físico simplificó con un experimento imaginario-paradoja llamado *Gato de Schrödinger*.

Hay múltiples variantes del enunciado, aunque en esencia se basa de lo mismo. Las dos principales son;

- En una caja totalmente cerrada (cuyo interior no se puede ver desde fuera) tenemos a un gato junto a una botella de vidrio que contiene veneno que al inhalarlo el gato muere, un martillo, un receptor de electrones que, cuando detecta uno, deja caer el martillo, rompiendo la botella y liberando el veneno, y

---

<sup>1</sup> **Cargas:** Las pilas, por ejemplo, tienen cargas positivas (+) y negativas (-). La carga representa su comportamiento eléctrico.

<sup>2</sup> **Las dos cargas:** Positiva y negativa.

un receptor igual pero que cuando detecta el electrón, impide la caída del martillo, y, por tanto, la muerte del gato.

- En una caja con las mismas propiedades hay también un gato, una botella y un martillo, mas una partícula con un 50% de probabilidades de radiar un electrón (que si es detectado por el receptor, el gato muere) y el 50% restante de no emitir la radiación, siguiendo vivo el gato.

Sucede que hay una propiedad que tienen los electrones, de poder estar en dos lugares distintos al mismo tiempo, pudiendo ser detectados por los dos receptores y dándonos a sospechar que el gato está vivo y muerto a la vez, lo que se llama *Superposición*. Pero cuando abramos la caja y queramos comprobar si el gato sigue vivo o no, perturbaremos este estado y veremos al gato o bien sea vivo, o no.

## Capítulo II: Superposición Cuántica

¿Pero cómo puede ser?; es como si, lo que está en superposición supiera cuándo lo miran. Más adelante, en el capítulo siguiente ampliaré sobre el tema, pero para dar una noción mínima a por qué sucede esto, imaginemos que yo vivo en el quinto piso de un departamento y en el ascensor, desde dicho lugar, me dirijo hacia la planta baja (no acompañado). Mientras realizo el viaje, bailo, hago gestos en el espejo y otras monerías. Pero de repente el hombre del segundo piso me intercepta el camino, queriendo viajar también conmigo al mismo destino; y, por razones obvias, debo comportarme. Algo así sucede con las partículas en superposición. Cuando hay múltiples en un espacio determinado, están como unidas entre sí por unos tejidos invisibles que hacen transformarlas en cuanto lo haga una de ellas. Esto se conoce como *Entrelazamiento Cuántico* o *Conexión Cuántica* (para una explicación más completa, ver **Capítulo III: Entrelazamiento cuántico**).

Dos cosas distintas a la vez... ¡qué extraño! Y de hecho lo es. Sin embargo, no suelen haber gatos vivos y muertos al mismo tiempo, ni tampoco alumnos en clase mientras miran la televisión en su casa. Y porque de hecho no sucede en nuestra cotidianeidad. ¿Y entonces qué pasa? Para empezar; las probabilidades de morir o sobrevivir del gato varían en cuanto sus propiedades fisiológicas, por lo que nunca sería exacto un 50% de posibilidades de vida y

muerte. Por otra parte, esto de la superposición se aplica a partículas subatómicas, o a cuerpos de masa grande en sólo circunstancias muy particulares (para conocer cuáles son y otros pequeños detalles, ver **Capítulo III: La Paradoja en la vida real**).

Esta paradoja es lógica y antintuitiva al mismo tiempo; quizás ese es el mejor ejemplo para explicarla. Es algo muy atrayente...; será porque es imposible comprobar si es cierto o no ¿Se animan a explicar por qué? Porque si quisiéramos ver cómo es algo en dicho estado, ya lo habríamos perturbado.

Una forma de entenderlo es imaginando a una pelotita de tenis como a una partícula en superposición, y a un tennista como observador (que no tiene la posibilidad de superponerse). Cuando éste vaya a golpear la pelotita, no podría hacerlo si esta sigue en superposición; golpearía una sola, según se haya cumplido una probabilidad.

El estado de superposición se llama *Estado Cuántico*. Cuando se pasa de un Estado Cuántico a un estado mecánico-clásico (como el que conocemos en la vida cotidiana) se genera lo que se conoce como *Decoherencia Cuántica*.

Repito: es extraño...; de hecho, Albert Einstein, desconcertado ante esta nueva visión, contestó "*Me es difícil creer que cuando no vemos la Luna puede que quizás sea que no esté*".

## **Capítulo III: La paradoja en la vida real, usos prácticos, otras interpretaciones, ejemplos y algunas terminologías cuánticas**

### ***Principio de Heisenberg:***

El llamado *Principio, de Incertidumbre, de Indeterminación o de Heisenberg*, en física, dice que es imposible saber con exactitud la posición y la velocidad de una partícula cuántica, como el electrón. Si sabemos su velocidad, no podremos conocer su posición, y viceversa.

### ***Entrelazamiento cuántico y condiciones para la superposición:***

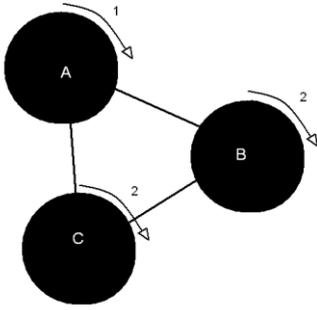
De acuerdo al Principio de Heisenberg, no es posible medir la velocidad y la posición de un electrón al mismo tiempo. Entonces, tratando de contradecir esto, los físicos Albert Einstein, Borís Podolsky y Nathan Rosen propusieron un experimento que consistía en dividir una partícula cuántica en dos, uno de los trozos lo conservaban intacto, y el otro lo medían; y luego era a la inversa. ¿El objetivo? Medir en uno de los fragmentos la velocidad y en el otro la posición, más luego unir esas informaciones en una sola partícula. Pero el resultado fue sorprendente, deparaba una nueva concepción en el mundo de la física; era como si los dos fragmentos siguieran unidos. Cuando medían uno de ellos, instantáneamente el otro reaccionaba, como si no hubiera espacio en el medio; y como si no se hubieran dividido. Para entenderlo, supongamos que tenemos un par de mocasines, uno para el pie derecho y el otro para el izquierdo. Al derecho lo dejamos en alguna ciudad de México dentro de una bolsa con una notita que diga: “*Quien lea esto sabrá que el mocasín que falta para formar un par está en una bolsa como ésta en las profundidades del Océano Índico*”, y, al izquierdo, al sitio que indica el texto anterior. Cuando alguien en la ciudad encuentre la bolsa, vea el zapato y lea la nota, sabrá que el calzado faltante es para un pie izquierdo. Esto se conoce como *Entrelazamiento cuántico*, o *Conexión Einstein-Podolsky-Rosen*.

Otro ejemplo posible tiene que ver con cómo averiguar si el gato está o no vivo sin abrir la caja: oyendo si maúlla o deja de hacerlo, si bien hay veces que no lo hace y, sin embargo, no quiere decir que está muerto, sirve para ejemplificar la conexión entre partículas.

Esta teoría es aplicable a una explicación coherente para el efecto de perturbación de estados en la Superposición. No es que las partículas sepan cuándo las miran, sino que todas estas tienen una especie de “conexión”, por una red como la de una telaraña, en la que el movimiento de una, genera calor<sup>3</sup>, y perturba a la otra.

---

<sup>3</sup> **El movimiento genera calor:** El calor es el movimiento de las partículas de un cuerpo; el frío, cuando éstas están quietas.



*Fig 1.1:* Cuando la partícula A se mueve, B y C reaccionan al instante.

Se dijo por allí que esto de la superposición se aplica sólo a partículas subatómicas o cuánticas. ¿Pero si las cosas con las que interactuamos a diario están compuestas por ellas, no deberían acaso poder superponerse también? La respuesta es Sí, pero sólo en situaciones muy particulares. En primer lugar, no debe haber aire, ni ningún otro gas, sólo vacío porque eso ya perturbaría el estado de superposición. En segundo lugar, el objeto que queramos superponer debe estar a una temperatura bajísima (leer la nota **3: El movimiento genera calor**), para que no haya movimiento de partículas y por tanto se genere un cuerpo impredecible o caótico.

### ***Universos paralelos:***

Cuando abrimos la caja, veremos al gato, o bien sea vivo, o muerto. ¿Pero qué pasa con la otra posibilidad? Hugh Everet dio una solución a este problema aceptando que hay una cantidad incalculable de universos, parecidos al nuestro, pero con las probabilidades posibles que en este no se cumplieron. Habría, para cada probabilidad, un universo asignado. Por ejemplo, en uno de ellos, el gato estaría vivo, y en otro, muerto.

Así como de un tronco de árbol salen ramas, que son en sí como pequeños troncos, de los que salen otras ramas; de un solo evento se producen diferentes hechos, y diferentes consecuencias.

Parece que habría un universo en el que el mexicano nunca hubiese tomado la bolsa, y el ejemplo para la Conexión Cuántica no tendría sentido...

### ***Interpretación de la Doble Rendija:***

El *Experimento de la Doble Rendija* o *Experimento de Young* fue creado en 1801 para comprobar si la luz era una onda o una partícula. Se disponía una placa con dos rendijas y un rayo de luz que las

atravesase. Según como sea su proyección se averiguaría cuál era su naturaleza. Y hubo dos posibilidades, si se observaba, la luz se comportaba como onda, y si no se observaba, como partícula. Quizás, cuando observemos el gato, siempre veremos que posee el mismo estado.

Otra forma de interpretar este resultado es que con las dos rendijas se representarían las dos posibilidades de vida o muerte. Cuando la luz se comportaba como onda, se veían múltiples líneas en la proyección, que vendrían a ser las ramificaciones.

Hay muchas otras formas de relacionar los dos experimentos, que, si lo desean, pueden esbozar ustedes mismos.

### ***Computación Cuántica:***

Las computadoras con las que muchos de nosotros interactuamos a diario la mayoría de nosotros funcionan con electro-imanes<sup>4</sup>. El conocido *Código Binario* utiliza mezclas de unos y ceros; los primeros representan en ellos el polo norte<sup>5</sup> y los segundos, el sur; que se llaman *bits*. Haciendo combinaciones de esos símbolos se obtienen letras, palabras, números, algunos otros caracteres e imágenes. Las Computadoras Personales (PC's) funcionan controlando así los imanes, y generando respuestas por métodos matemáticos llamados *algoritmos*. Pero imagínense cuál sería el potencial y la eficiencia que tendrían las computadoras si, mediante la herramienta de la Superposición Cuántica, hubieran unos y ceros al mismo tiempo, y, es más, unos, ceros y otros también al mismo tiempo; se reemplazarían los bits por *Qubits* (el nombre se debe a **bit**: combinación de dos y a **qubits**: combinación cuádruple de bits). Así, Isaac Asimov (quien creo las famosas tres leyes de los robots) propuso una idea, conocida como Computación Cuántica ahora estudiada por cientos de científicos de todo el mundo.

El problema para la realización de esta gloriosa rama de la informática se debe a que las condiciones normales en una computadora causarían la decoherencia. Además, para que una Computadora Cuántica llegue a los hogares y existan las PC's Cuánticas faltaría demasiado, ya que el uso principal sería el científico, para almacenar múltiples datos.

---

<sup>4</sup> **Electro-imanes:** Son imanes que generan su campo magnético según se permita o no el paso de corriente eléctrica.

<sup>5</sup> **Polos de un imán:** Se sabe que los imanes constan de dos polos: uno norte y el otro sur.

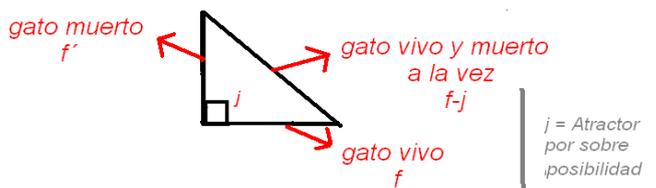
## *Interpretación de la Paradoja con la Cinta de Möbius:*

Hagamos una cosa: cortemos una tira de papel de aproximadamente 4 cm. de ancho por la mayor distancia que la hoja permita de altura (usemos el sentido común y que ésta no sea ni muy larga ni muy corta). Ahora tomemos los dos bordes del trozo largo y posicionemos la tira haciendo una forma circular. A uno de los bordes le damos media vuelta, y los pegamos. [Básicamente se pegan los extremos dando media vuelta uno de ellos] Ahora tomemos un bolígrafo y empieza a seguir un trayecto en un punto determinado, llamado *a*. Una vez llegues de vuelta a ese punto, despegas los bordes. Verás algo curioso; ¡las dos caras de la tira están escritas! Empezamos en dos y ahora pareció resultar que la hoja tiene sólo una. Podemos relacionar esto con la Paradoja de Schrödinger: empezamos en dos (tiras o probabilidades) y terminamos en una sola, luego.

## *Interpretación de la Paradoja con la Trigonometría Caótica:*

En la *Teoría del Caos*, las probabilidades giran en torno a un centro llamado *Atractor*. El siguiente es un gráfico que ilustra al Gato de Schrödinger mediante una rama de la Geometría dedicada a los Triángulos, llamada *Trigonometría*. Para entenderlo debemos saber que, en un triángulo rectángulo<sup>6</sup>, los lados que forman el ángulo recto se llaman *catetos* y el lado restante *hipotenusa*.

### Aplicación trigonométrica para el Gato de Schrödinger



Explicación: *f* y *f''* giran en torno a *j*. El simple hecho de abrir la caja y ver qué pasa es la fuente iniciativa al observar el estado del gato. Mientras tanto la caja siga cerrada, el estado permanecerá en incertidumbre (*f-j*). *f-j* es el estado imposible, pues no gira en torno a *j*, por lo que no es probable que el gato esté vivo y muerto en el mismo momento. Sin pasar, *f-j* conecta a los dos catetos/estados

Fig 1.

<sup>6</sup> **Triángulo Rectángulo:** El que posee un ángulo recto, de 90° que se asemeja a una *L*.

## Capítulo IV: ¿Para qué?

Sabemos que conocer a las propiedades físicas nombradas anteriormente depara grandes avances en ciencia y tecnología, pero (a menos que queramos hacernos una Computadora Cuántica, o algo así) ¿Para qué queremos saber todo esto? Esto se llama *curiosidad*, o, básicamente, *ciencia*. El sentir una atracción por comprender el mundo.

Mi objetivo con este ensayo no fue el de ganar el concurso (claro que si lo gano, mucho mejor), pero con saber que alguien pudo entender esta paradoja gracias a mí, ya me bastaría.

Nahuel L. Maidana.